



# PROJET REGIONAL D'APPUI AU PASTORALISME AU SAHEL

## NOTE AUX OPERATEURS 05



## SUIVI-ÉVALUATION DES PARCOURS



**LA BANQUE MONDIALE**  
BIRD • IDA | GROUPE DE LA BANQUE MONDIALE



# Suivi-évaluation des parcours



## RESUME

- ❖ Les 6 pays du PRAPS ont une expérience de l'évaluation des ressources pastorales sur le terrain. Cependant, même ceux qui ont un système national de suivi rencontrent des difficultés financières, techniques et de personnel à le maintenir.
- ❖ Les méthodes du suivi-évaluation des ressources pastorales sur le terrain doivent tenir compte de la très forte dynamique saisonnière et interannuelle des quantités et qualités de ressources, associée à une forte hétérogénéité spatiale multi-échelle.
- ❖ Les 6 pays du PRAPS ont une expérience de l'évaluation des ressources pastorales par télédétection. Ils sont néanmoins inégalement équipés pour la réception et le traitement des données d'observation satellite. Tous bénéficient des services et des produits fournis par le Centre Régional AGRHYMET (CRA) du CILSS et d'autres produits largement distribués par le FEWS et des ONG comme Action Contre la Faim (ACF). Cependant, les produits pastoraux restent peu utilisés par les services techniques malgré les efforts de diffusion rapide. Des efforts restent à fournir pour mieux cerner les besoins d'information des acteurs et organiser leur participation à l'élaboration des outils de suivi.
- ❖ De nombreux efforts de recherche, ainsi que de nouvelles données d'observation satellite ont fait récemment progresser la pertinence des produits de télédétection, l'estimation des productions végétales, herbacées et ligneuses, celle des masses de paille, des eaux de surface sont de plus en plus résolues et robustes.
- ❖ Une information précise sur la distribution spatiale et temporelle du bétail reste un point faible des systèmes d'alerte précoce pastoraux. Des progrès pourraient être obtenus en valorisant les informations disponibles localement auprès des acteurs à l'aide de réseaux de télécommunication (Expérience ACF au Mali et Niger).



# Suivi-évaluation des parcours



## ENJEUX POUR LE PRAPS

Le renforcement du suivi et de l'évaluation des parcours est un élément de la stratégie d'intervention de la composante 2 du PRAPS « amélioration de la gestion des ressources naturelles. En effet, le suivi-évaluation des ressources fournit une information quantitative et qualitative sur les ressources pastorales et leur dynamique en fonction des variations et changements climatiques, mais aussi des pratiques et politiques de l'élevage et plus largement des ressources naturelles. Les techniques de suivi-évaluation sur le terrain et par télédétection et les outils d'aide à la décision dérivés ont été l'objet d'un des groupes de travail lors des entretiens techniques (Dakar, 15-17 mars 2016).

## SYNTHESE DES ACQUIS ET RECOMMANDATIONS DANS LA ZONE PRAPS

- ❖ Les 6 pays du PRAPS ont une expérience en matière d'évaluation des ressources pastorales, et une partie d'entre eux ont un système de suivi systématique des ressources fourragères sur un réseau de sites balisés. C'est le cas du Sénégal avec les sites suivis depuis les années 1970 par le Centre de Suivi Ecologique (CSE) ; celui du Niger avec des sites suivis par une équipe du Ministère de l'Elevage. En Mauritanie, au Mali, au Burkina Faso et au Tchad des sites pastoraux font l'objet d'un suivi plus ou moins régulier dans un cadre Universitaire, scientifique ou réseaux d'observation (sites ILRI et réseau AMMA-CATCH dans le Gourma Malien, et l'Ouest Niger ; ROSELT-CNSEE au Niger), ou Projets de développement (ODEM) dans le Delta intérieur du Niger). Dans tous les cas, et malgré la modestie des coûts de fonctionnement, les institutions ont de grandes difficultés à maintenir ces suivis sur la durée, à adapter la fréquence aux besoins (pas d'observation au cours de la saison sèche), ainsi que pour maintenir les protocoles d'observation au fil des années, et cela au détriment de la qualité et de la comparabilité des données.
- ❖ Les 6 pays du PRAPS ont une longue expérience de la télédétection appliquée à l'évaluation des ressources pastorales. A commencer par les cartes d'inventaire des ressources établies par photo-interprétation de photographies aériennes dans les années 1970 (cartes IEMVT, rééditées par le CTA). Les pays sont néanmoins inégalement équipés pour la réception et le traitement des données d'observation satellite. Tous bénéficient néanmoins des services et des produits fournis par le Centre Régional AGRHYMET du CILSS (CRA). D'autres produits sont largement distribués par le FEWS, et des ONG comme Action Contre la Faim (ACF). Cependant les produits sont peu utilisés malgré les efforts consentis pour leur diffusion rapide et décentralisée. Parmi les raisons, le manque d'applicabilité directe des indicateurs (souvent qualitatifs et exprimés de façon relative à une situation 'moyenne', par seuils 'd'anomalies'), la résolution spatiale qui reste insuffisante et l'absence de données précises sur le cheptel (effectifs, composition, embonpoint) à une échelle comparable.

# Suivi-évaluation des parcours



## ENSEIGNEMENTS MAJEURS POUR LE PROJET ET PRINCIPES

Les ressources fourragères des parcours pastoraux (steppes, savanes, forêts claires, jachères, éteules...) sont mesurables : masses sur pied, qualité fourragère (analyses bromatologiques, composition floristique, spectres dans le proche infrarouge) et production annuelle..

### Echantillonnage : prendre en compte l'hétérogénéité du milieu sahélien

Sur le terrain, des méthodes d'échantillonnage, de mesure et d'analyses bromatologiques éprouvées permettent l'évaluation quantitative et qualitative des ressources fourragères

❖ Les méthodes d'échantillonnage et de mesure au sol doivent tenir compte de la très forte dynamique saisonnière (et interannuelle) des quantités et qualités de ressources, associée à une hétérogénéité spatiale multi-échelle.

❖ La répétition des mesures au cours du cycle annuel d'une part, et d'une année sur l'autre d'autre part, permettent une évaluation de la dynamique saisonnière et inter-annuelle des ressources. Elle est coûteuse, mais les coûts peuvent être atténués par quelques principes sur la fréquence et le calendrier des mesures.

☆ Pour les herbacées, la mesure décisive est celle de fin de saison de croissance (mi-septembre à mi-octobre au Sahel). Une mesure en fin de saison sèche (mai-juin) permet de faire le bilan de l'utilisation de la ressource, une autre en mi-saison sèche (février) peut la compléter.

☆ Pour le peuplement des ligneux, un inventaire du peuplement tous les 3 à 5 ans peut suffire en général (sauf en cas de défrichement, ou mortalité massive suite à une sécheresse, un feu ou une inondation), alors que le suivi phénologique doit suivre un rythme saisonnier, mensuel ou trimestriel.

❖ Une méthode économique consiste à organiser les observations autour d'un axe dont la direction est choisie de façon à recouper l'hétérogénéité maximale du site de façon représentative (le début et la fin de l'axe sont en phase avec les motifs qui gouvernent l'hétérogénéité par exemple dune/interdune).

▪ Une des méthodes de relevé les plus efficaces pour le peuplement des ligneux est le relevé de la densité par distance, appliqué simultanément aux différentes composantes du peuplement (arbres, arbustes, buissons par exemple) connue sous l'appellation point centré quadrant (PCQ).

▪ Une des méthodes de relevé les plus efficaces pour la strate herbacée est celle de l'échantillonnage aléatoire de placettes (ou carrés de rendements) de 0,5 à 1m<sup>2</sup> sur lesquelles sont faites les observations (hauteur, couvert, effectif, composition floristique..), et les mesures destructives (masse, échantillons pour l'analyse) à l'intérieur d'une stratification emboîtée (faciès, et strates) qui est utilisée pour pondérer les statistiques calculées à partir des mesures sur les placettes.

▪ Pour les peuplements a herbacées pérennes cespiteuses telles que les steppes saharo-sahéliennes à *Panicum turgidum*, la méthode des relevés PCQ peut être appliquée aux herbacées pérennes alors que la méthode des placettes est réservée aux herbacées annuelles qui poussent entre les touffes pérennes.



# Suivi-évaluation des parcours



## APPORT DE LA TÉLÉDÉTECTION

- L'hétérogénéité multi-échelle de la distribution spatiale des ressources fourragères herbacées et ligneuses impose un échantillonnage stratifié avec tirage aléatoire pour assurer l'estimation des incertitudes. La stratification peut alourdir considérablement la tâche et le coût de la mesure. La stratification est facilitée par le recours à la télédétection (photographies aériennes, imagerie satellite) et aux documents cartographiques (carte topographique, cartes thématiques sur la géologie, les sols, l'occupation des sols). Pour l'analyse il y a avantage à procéder aux relevés des peuplements ligneux et herbacés sur les mêmes sites en dépit de l'écart d'échelle entre les deux composantes de la végétation. Une des justifications est l'interaction écologique entre les deux composantes (utilisation de l'eau, des éléments minéraux, condition de germination...), une autre étant la complémentarité fourragère des deux composantes.
- Un arsenal de méthodes de télédétection (photographies aériennes, radiométrie et radars à bord de satellites) permet l'évaluation quantitative spatialisée très rapide et sur de grands espaces, de quelques variables quantitatives (couverts et masses végétales, superficie des eaux de surface) et qualitatives (occupation du sol, variations saisonnières des points d'eau de surface, de la phénologie) sur les ressources pastorales et de leur usage.
- La résolution spatiale et temporelle de ces informations dépend des capteurs et des satellites porteurs et des politiques de diffusion de ces données.
- Les évaluations par télédétection à partir de données numériques des capteurs sont indirectes, elles requièrent toute une chaîne de corrections, puis de calibration à partir de mesures faites sur les terrains, avec la contrainte d'avoir des mesures faites à la même résolution spatiale (pixels souvent très grands, kilométriques ou au-delà) et simultanées.
- Les photographies aériennes, et imageries satellites à haute et très haute résolution spatiale (souvent peu fréquentes) sont très utiles à la cartographie qualitative (par exemple l'occupation des sols, le couvert des ligneux, les unités géomorphologiques, topographiques grâce à la stéréoscopie), et sont à la base de la stratification de l'hétérogénéité spatiale. Autrefois relevant de la seule photo-interprétation cette cartographie à recours à des techniques de classification des données multi-spectrales supervisées (par des zones d'entraînement décrites au sol) ou non.
- Les observations satellites, multi-spectrales (visible, infrarouge, micro-ondes), mais aussi radar (lidar), le plus souvent à résolution spatiale moyenne ou petite, mais à haute fréquence spatiale sont utilisées de façon complémentaires pour estimer quelques paramètres des ressources et suivre leur dynamique saisonnière. C'est en particulier le cas pour l'extension des eaux de surface, pour l'humidité du sol, pour les surfaces foliaires vertes, la production herbacée et ligneuse et les masses végétales vertes ou sèches. Ces estimations sont faites à l'aide d'indices tels que le NDVI et ses dérivés pour la

# Suivi-évaluation des parcours



végétation verte et le STI pour la végétation sèche dont les valeurs doivent être calibrées à partir de données observées au sol. L'indice NDVI est très utilisé dans le monde et au Sahel (ou les contraintes atmosphériques sont moindres que dans des régions plus humides) sous de multiples formes, y compris de façon routinière par les institutions régionales (CRA) et nationales (CSE). Cependant des travaux récents ont indiqué tout le bénéfice supplémentaire tiré de l'usage de métriques des variations saisonnières de ces indices pour identifier le début et la fin des saisons de croissance, la contribution des ligneux à la production végétale, voire la distinction des types d'occupation des sols. L'utilisation du STI est par contre très récente et encore au stade de la recherche. Cependant, les espoirs qu'il apporte de pouvoir suivre l'évolution de la fourragère en saison sèche (paille, litière, chaumes dans les champs, surfaces incendiées) en temps réel sont très encourageants pour l'application pastorale.

- Il y a avantage à associer les deux types d'observations par satellite pour améliorer la qualité et la précision de l'information. Les images à haute résolution spatiales peuvent par exemple fournir les stratifications spatiales : par type édaphique, type d'occupation du sol à l'intérieur desquels les indicateurs quantitatifs (production végétale, qualité fourragère) seront plus précis. Elles peuvent aussi fournir des masques (des surfaces en eau, des surfaces urbanisées, des couverts ligneux) qui compléteront l'information quantitative tirée des observations satellites à moyenne ou basse résolution spatiale, mais haute fréquence temporelle.

## APPORT DES SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (SIG)

- La distribution spatiale et la fréquence temporelle de ces estimations intégrées dans des systèmes d'information géographiques qui associés et à des modèles de simulation (production végétale, dynamique des troupeaux) ouvre un large champ d'analyse de données et d'applications à la gestion des ressources et des productions animales.

- Le point faible de ces systèmes d'information géographiques et plus encore des systèmes d'alerte précoce pastoraux est la précision et l'actualité des informations sur le cheptel et sa distribution géographique. Les données fournies pour les recensements agricoles, et/ou par les services vétérinaires (vaccinations), sont partielles, car elles ne concernent qu'une fraction du cheptel (espèces animales vaccinées ; échantillonnage), elles sont localisées de façon imprécise par unité administrative ne tient pas compte de la mobilité saisonnière du bétail et surtout elles sont actualisées avec une fréquence insuffisante. Les recensements aériens systématiques (RIM/ILRI) procèdent d'un échantillonnage dont le faible taux associé à une distribution spatiale très contagieuse du bétail ne permet qu'une évaluation très approximative de la population et de sa distribution spatiale. Une amélioration de l'information pourrait être obtenue de l'association de plusieurs sources d'information.

# Suivi-évaluation des parcours



- Les informations quantitatives sur le cheptel, sa composition par espèce, race, sexe et classe d'âge des recensements sont utiles pour les systèmes d'information géographiques à l'échelle nationale et pour alimenter les modèles de production animale, dynamique des populations animales.
- Les informations qualitatives sur les migrations saisonnières des éleveurs et groupes d'éleveurs. Cette information peut être obtenue par enquête auprès des éleveurs mobiles et requiert une caractérisation préalable des types d'élevage, et types de migration coutumière ou exceptionnelle (voir les travaux réalisés par ZDF dans le centre et est du Niger ; par Leclerc et Sy (2011) au Sénégal ; par Bouy et Saleh (2002) en Mauritanie ; l'IRAM au Tchad oriental (Bénard et al. 2010).
- Les informations qualitatives très fréquemment actualisées sur la fréquentation des points d'eau principaux à l'aide d'un réseau d'informateurs ayant recours aux moyens de télécommunication (téléphones cellulaires, GPS) comme dans les systèmes mis en place par ACF au Mali et au Niger.

## ITINÉRAIRE TECHNIQUE

Dans chacun des pays où le projet PRAPS se développe, une amélioration du suivi-évaluation des ressources de l'élevage pastoral devrait partir d'une capitalisation des systèmes de suivi-évaluation existants. L'analyse de ces systèmes existants devrait être menée façon concertée avec les acteurs du secteur de l'élevage de façon à en identifier les carences (régions ou ressources non couvertes par le réseau de sites suivis par exemple), et mieux cibler les indicateurs en direction des informations utiles aux acteurs de l'élevage pastoral. Les itinéraires techniques pourraient suivre les étapes suivantes :

- ❖ Inventaire et documentation des systèmes de suivi-évaluation des ressources pastorales existantes.  
L'inventaire ne doit pas se limiter aux systèmes spécialisés dans le domaine pastoral, mais aussi porter sur les systèmes qui portent sur les ressources naturelles forestières et agricoles. L'inventaire devrait documenter :
  - Les coordonnées géographiques des sites suivis (en précisant leur disposition sur le terrain : points, transects, parcelles)
  - Le calendrier des observations (historique des dates des observations dont les données sont disponibles)
  - Méthodes d'observation et de mesure : détail des protocoles
  - Bases de données disponibles (codification des informations, structure des fichiers, accès) y compris les photos.

# Suivi-évaluation des parcours



- ❖ Examen concerté avec les acteurs du domaine de l'élevage pastoral (associations d'éleveurs, services de l'élevage et vétérinaires, ministères, projets de développement et ONG...) des systèmes de suivi-évaluation existants :
  - identification des lacunes (régions, ressources non couvertes, hiérarchie des besoins d'information)
  - notion de ressources principales, stratégiques, par saison, type d'élevage...
  - variables clés pour les prises de décision de chaque catégorie d'acteurs, éleveurs, associations, projets de développement, projets de recherche, services techniques, ministères :
    - Variables quantitatives ou qualitatives sur les fourrages herbacés, ligneux, chaumes disponibles à telle ou telle saison. Associer l'appréciation des éleveurs sur les quantités (durée de séjour possible) et les qualités nutritionnelles des fourrages (spécifiques pour les espèces et les spéculations : 'engraissement des moutons')
    - variables sur les ressources en eau disponibles, leur qualité et sur les conditions d'accès des éleveurs à l'eau
    - variables sur la fréquentation des points d'eau par le cheptel
    - sur les épidémies et mortalité du bétail
    - sur les marchés du bétail et des intrants de l'élevage...
- ❖ Choix des protocoles d'observation sur les sites de suivi-évaluation sur le terrain : critères de robustesse, de précision, de prise en compte de l'hétérogénéité spatiale, des variations saisonnières, d'échelle (validation des indicateurs satellites), de coût de mise en œuvre et surtout de réponse aux besoins d'information quantitative et qualitative des éleveurs.
- ❖ Choix des indicateurs et métriques de données satellites qui répondent le mieux aux besoins d'information quantitative et qualitative des acteurs, au plus faible coût. La résolution spatiale et la fréquence d'acquisition des images ou produits satellite sont particulièrement déterminantes.
- ❖ Budgétisation, et planification de la mise en place du système de suivi-évaluation amélioré, y compris les besoins de formation technique, l'équipement en moyen de télécommunication.



# Suivi-évaluation des parcours



## Références utiles

- Brandt M, Hiernaux P, Tagesson T, Verger A., Rasmussen K., Diouf A.A., Mbow C., Mougin E., Fensholt R., 2016. Woody plant cover estimation in drylands from Earth Observation based seasonal metrics. *Rem. Sens. of Envir.*, 172: 28-38
- Collectif, CTA/CIRAD-EMVT, 1985-1990. Elevage et potentialités pastorales sahéliennes. Synthèses cartographiques: Tchad, Niger, Burkina Faso, Mali, Sénégal, Mauritanie, Wageningen, CTA/Maisons-Alfort, CIRAD-EMVT, atlas cartographique format 66/80, cartes, schémas et graphiques en couleur.
- Dardel C., Kergoat L., Mougin E., Hiernaux P., Grippa M., Tucker C.J., 2014. Re-greening Sahel: 30 years of remote sensing data and field observations (Mali, Niger). *Rem. Sens. of Envir.* 140: 350-364
- De Cao G., Ickowicz A., Touré I., Gerber P., 2008. «An information and early warning system designed for sahelian pastoral systems: the example of SIPSA implementation in Senegal», *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 102 (1/2): pp.141-159
- Diallo, O., Diouf, A., Hanan, N.P., Ndiaye, A., & Prevost, Y. (1991). AVHRR monitoring of savanna primary production in Senegal, West Africa 1987–1988. *Intern. J. of Rem. Sens.*, 12: 1259–1279.
- Eklundh, L., & Olsson, L. (2003). Vegetation index trends for the African Sahel 1982–1999. *Geophysical Res. Let.*, 30: 1430–1433.
- Gardelle, J., Hiernaux, P., Kergoat, L., Grippa, M., 2010. Less rain, more water in ponds: a remote sensing study of the dynamics of surface waters from 1950 to present in pastoral Sahel (Gourma region, Mali). *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 14: 309-324
- Ham, F., Metais, T., Hoorelbeke, P., Fillol, E. & Crahay, P. 2011. One horn of the cow: an innovative GIS-based surveillance and early warning system pastoral areas of Sahel Action Contre le Faim, In: Risk returns, pp.127–131, UN Intern. Strat. for Disaster Reduc. Sec. (UNISDR), Leicester, UK
- Herrmann, S.M., Anyamba, A., & Tucker, C. J., 2005. Recent trends in vegetation dynamics in the African Sahel and their relationship to climate. *Glob. Envir. Change—Human and Policy Dimensions*, 15: 394–404
- Jacques D.C., Kergoat L., Hiernaux P., Mougin E., Defourny P., 2014. Monitoring dry vegetation in arid areas with MODIS SWIR bands. *Remote Sensing of Envir.*, 153:40-49
- Kergoat L., P. Hiernaux, C. Dardel, C. Pierre, F. Guichard, K. Adamou, 2015. Dry-season vegetation mass and cover fraction from SWIR1.6 and SWIR2.1 band ratio: ground radiometer and MODIS data in the Sahel. *Intern. J. of Appl. Earth Obs. and Geoinform.*, 39: 56-64
- Mbow, C., Fensholt, R., Rasmussen, K., & Diop, D., 2013. Can vegetation productivity be derived from greenness in a semi-arid environment? Evidence from ground-based measurements. *J. of Arid Envir.*, 97, 56–65.
- Mougin E., Demarez V., Diawara M., Hiernaux P., Soumaguel N., Berg A., 2014, Estimation of LAI, fAPAR and fCover of Sahel rangelands (Gourma, Mali). *Agric. & Forest Meteo.* 198-199: 155-167
- Senay, G., Whisenant, S., Asante, K., Angerer, J., Hockett, S., Singh, R., Manohar Velpuri, N. & Alemu H. 2010. Enhancing the Livestock Early Warning System (LEWS) with NASA earth-sun science data, GPS and RANET technologies. Enhanced LEWS DSS – Benchmark Report. NASA. Texas A&M University, USA.
- Touré I., Ickowicz A., Wane A., Garba I., Gerber P., 2012. Atlas des évolutions des systèmes pastoraux au Sahel, Atlas of Trends in pastoral systems in Sahel. FAO/CIRAD, 32p
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Rem. Sensing of Envir.*, 8, 127–150.

# Suivi-évaluation des parcours



## SIGLES

- AMMA-CATCH : Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine -  
Couplage de l'Atmosphère Tropicale et du Cycle Hydrologique
- ACF : Action Contre la Faim
- CSE : Centre de Suivi Ecologique (Sénégal)
- CNSEE : Centre National de surveillance Ecologique et Environnementale
- CTA : Centre Technique de coopération agricole et rurale
- Fews : Famine Early Warning Systems Network (FEWS-NET)
- IEMVT : Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays tropicaux
- IRAM : Institut de Recherches et d'Applications des Méthodes de développement – travaille dans le domaine de la coopération internationale
- RIM/ILRI : Resource Inventory Management (RIM)/International Livestock Research Institute
- NDVI : Normalized Difference Vegetation Index
- ODEM : Office de développement de l'élevage dans la région de Mopti
- ROSELT : Réseau d'Observatoires de Surveillance Ecologique à Long Terme
- STI : Standardized Thermal Index
- ZDF** : Zweites Deutsches Fernsehen « deuxième télévision allemande »

### Composante 2 : Amélioration de la gestion des ressources naturelles

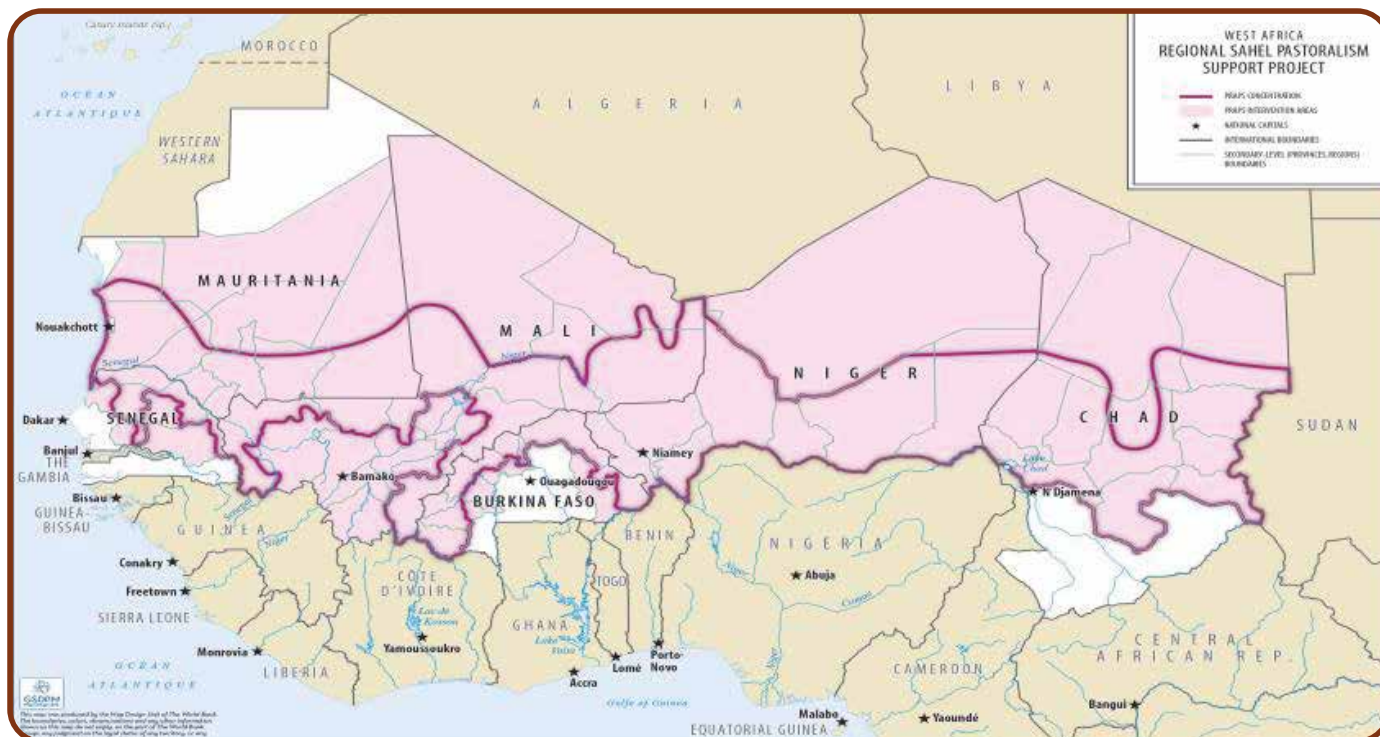
**Objectif** : renforcer la gestion durable des ressources naturelles par les communautés pastorales et agro-pastorales et sécuriser leur accès à ces ressources

#### Deux sous-composantes

**Sous-composante 1** : Sécurisation de l'accès aux ressources naturelles et gestion durable des pâturages

**Sous-composante 2** : Aménagement et gestion durable des infrastructures d'accès à l'eau

# Suivi-évaluation des parcours



## Zones d'intervention

### Contributeurs

Hiernaux P.,  
M.Wele,  
Garba I,  
Touré I,  
Diaby B.,  
Ickowicz A.,  
Seck-Diallo A.,  
Camra F.,  
Salifou I

### Responsable

PRAPS

### Mise en page

PRAPS

**Infoline : [www.cilss.int](http://www.cilss.int) / [www.praps.cilss.int](http://www.praps.cilss.int)**